

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 3月16日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-077154

出 願 人

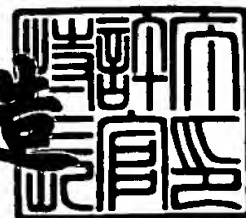
Applicant(s):

株式会社荏原製作所

2001年 5月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3038037

【書類名】 特許願

【整理番号】 EB2475P

【提出日】 平成13年 3月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 松田 尚起

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社 荏原製作所

【代表者】 依田 正稔

【代理人】

【識別番号】 100091498

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 勇

【選任した代理人】

【識別番号】 100092406

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀田 信太郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100093942

【弁理士】

【氏名又は名称】 小杉 良二

【選任した代理人】

【識別番号】 100109896

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 友宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026996

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9112447

【包括委任状番号】 0018636

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 配線形成装置及びその方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板の表面に銅を成膜して該銅を微細窪み内に埋込んだ銅配線を形成する配線形成装置であって、

ハウジングの内部に、基板を搬送する搬送経路を設け、この搬送経路に沿って、銅めっき処理部、電解または化学研磨処理部及びアニール処理部を配置したことを特徴とする配線形成装置。

【請求項 2】 基板の洗浄を行う洗浄処理部を配置したことを特徴とする請求項 1 記載の配線形成装置。

【請求項 3】 第 1 段の電解または化学研磨処理と、第 2 段の電解または化学研磨処理を行う少なくとも 2 つの研磨処理部を有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の配線形成装置。

【請求項 4】 前記ハウジングの内部に、前記銅配線の露出表面を選択的に覆って保護する保護膜を形成する蓋めっき処理部を配置したことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の配線形成装置。

【請求項 5】 基板の表面に銅を成膜して該銅を微細窪み内に埋込んだ銅配線を形成するにあたり、

基板の表面に銅を成膜する工程と、

この銅を成膜した基板の表面を研磨液中で電解または化学研磨する研磨処理工程と、

研磨処理工程後に銅膜を基板全面に残した状態で基板に熱処理を施すアニール工程とを有することを特徴とする配線形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、配線形成装置及び方法に係り、特に半導体基板の表面に形成した配線用の窪みの内部に銅（Cu）を埋め込んで銅配線を形成するのに使用される配線形成装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体基板上に配線回路を形成するための金属材料として、アルミニウムまたはアルミニウム合金に代えて、電気抵抗率が低くエレクトロマイグレーション耐性が高い銅（Cu）を用いる動きが顕著になっている。この種の銅配線は、基板の表面に設けた微細凹みの内部に銅を埋込むことによって一般に形成される。この銅配線を形成する方法としては、CVD、スパッタリング及びめっきといった手法があるが、いずれにしても、基板のほぼ全表面に銅を成膜し、化学機械的研磨（CMP）により不要の銅を除去するようにしている。

【0003】

図18（a）～（c）は、この種の銅配線基板Wの製造例を工程順に示すもので、図18（a）に示すように、半導体素子を形成した半導体基材1上の導電層1aの上にSiO₂からなる酸化膜や他のLow-K材膜2を堆積し、リソグラフィ・エッチング技術によりコンタクトホール3と配線用の溝4を形成し、その上にTa₂N₅等からなるバリア膜5、更にその上に電解めっきの給電層としてシード層7を形成する。

【0004】

そして、図18（b）に示すように、基板Wの表面に銅めっきを施すことで、半導体基材1のコンタクトホール3及び溝4内に銅を充填するとともに、酸化膜2上に銅膜6を堆積する。その後、化学機械的研磨（CMP）により、酸化膜2上の銅膜6を除去して、コンタクトホール3及び配線用の溝4に充填させた銅膜6の表面と酸化膜2の表面とをほぼ同一平面にする。これにより、図18（c）に示すように銅膜6からなる配線が形成される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、図19に示すように、例えば、直径 d_1 が0.2 μ m程度の微細穴8と、直径 d_2 が100 μ m程度の大穴9とが混在する基板Wの表面に銅めっきを施して銅膜6を形成すると、めっき液や該めっき液に含有される添加剤の働きを最適化したとしても、微細穴8の上ではめっきの成長が促進されて銅膜6が盛

り上がる傾向があり、一方、大穴9の内部ではボトムアップ性を高めためっきの成長を行うことができないため、結果として、基板W上に堆積した銅膜6には、微細穴8上の盛り上がり高さaと、大穴9上の凹み深さbとをプラスした段差 $a + b$ が残る。このため、微細穴8及び大穴9の内部に銅を埋込んだ状態で、基板Wの表面を平坦化させるには、銅膜6の膜厚を十分に厚くし、しかもCMPで前記段差 $a + b$ 分余分に研磨する必要があった。

【0006】

しかし、めっき膜のCMP工程を考えた時、めっき膜厚を厚くして研磨量を多くすればする程、CMPの加工時間が延びてしまい、これをカバーするためにCMPレートを上げれば、CMP加工時に大穴でのディッシングが生じるといった問題があった。

【0007】

つまり、これらを解決するには、めっき膜厚を極力薄くし、基板表面に微細穴と大穴が混在しても、めっき膜の盛り上がりや凹みを無くして、平坦性を上げる必要があるが、例えば硫酸銅浴で電解めっき処理を行った場合、めっき液や添加剤の作用だけで盛り上がりを減らすことと凹みを減らすことを両立することができないのが現状であった。また、積層中のめっき電源を一時逆電解としたり、PRパルス電源とすることで盛り上がりを少なくすることは可能であるが、凹部の解消にはならず、加えて表面の膜質を劣とすることになっていた。

【0008】

更に、CMP工程は、一般にかなり複雑な操作が必要で、制御も複雑であるばかりでなく、加工時間もかなり長く、しかもめっき処理と別の装置で一般に行われているため、これを省略することが強く求められていた。

今後、絶縁膜も誘電率の小さいLow-K材に変わると予想され、Low-K材にあっては、強度が弱くCMPによるストレスに耐えられなくなるため、非接触で基板にストレスを与えることなく平坦化できるようにしたプロセスが望まれている。

なお、化学機械的電解研磨のように、めっきをしながらCMPで削るというプロセスも発表されているが、めっき成長面に機械加工が付加されることで、めっ

きの異常成長を促すことにもなり、膜質に問題を起こしていた。

【 0 0 0 9 】

本発明は上記に鑑みて為されたもので、CMP処理そのものを省略したり、CMP処理の負荷を極力低減しつつ、銅を埋込んで銅配線を形成する一連の銅配線形成工程を連続的に行えるようにした配線形成装置及び方法を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 に記載の発明は、基板の表面に銅を成膜して該銅を微細窪み内に埋込んだ銅配線を形成する配線形成装置であって、ハウジングの内部に、基板を搬送する搬送経路を設け、この搬送経路に沿って、銅めっき処理部、電解または化学研磨処理部及びアニール処理部を配置したことを特徴とする配線形成装置である。

【 0 0 1 1 】

これにより、銅めっき処理後の平坦化プロセスを主に電解または化学研磨で行うことで、CMP処理自体を省略するか、またはCMP処理の負荷を低減し、アニールを含めた一連の平坦化プロセスを同一ハウジング内で連続的に行うことができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 2 に記載の発明は、基板の洗浄を行う洗浄処理部を配置したことを特徴とする請求項 1 記載の配線形成装置である。

【 0 0 1 3 】

請求項 3 に記載の発明は、第 1 段の電解または化学研磨処理と、第 2 段の電解または化学研磨処理を行う少なくとも 2 つの研磨処理部を有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の配線形成装置である。

これにより、銅の表面に研磨レートや、下地への選択性研磨の異なる 2 段の電解研磨または化学研磨を施すことで、銅の表面をより平坦に研磨したり、また第 1 段の電解研磨または化学研磨で銅の表面を研磨し、第 2 段の電解研磨または化学研磨で表面が露出している銅と他の導電性物質（例えば、Ta₂N₅）を研磨レー

トで均一に研磨するようにすることができる。

【 0 0 1 4 】

請求項 4 に記載の発明は、前記ハウジングの内部に、前記銅配線の露出表面を選択的に覆って保護する保護膜を形成する蓋めっき処理部を配置したことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の配線形成装置である。

これにより、外部に露出した銅配線の表面を保護膜で選択的に覆って保護する蓋めっき処理を同一ハウジング内で連続して行うことができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 5 に記載の発明は、基板の表面に銅を成膜して該銅を微細窪み内に埋込んだ銅配線を形成するにあたり、基板の表面に銅を成膜する工程と、この銅を成膜した基板の表面を研磨液中で電解または化学研磨する研磨処理工程と、研磨処理工程後に銅膜を基板全面に残した状態で基板に熱処理を施すアニール工程とを有することを特徴とする配線形成方法である。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の実施の形態の配線形成装置の平面配置図を示す。この配線形成装置は、ハウジング 1 0 の内部に位置して、ロード・アンロード部 1 1 と、このロード・アンロード部 1 1 の反対側から順に配置された銅めっき処理部 1 2、洗浄・乾燥処理部 1 4、アニール処理部 1 6、第 1 の電解または化学研磨処理部 1 8、第 2 の電解または化学研磨処理部 2 0 及び洗浄・乾燥処理部 2 2 とを有し、これらの各機器を挟んだ位置に、前処理部 2 4 a、Pd 付着部 2 4 b、めっき前処理部 2 4 c、無電解 CoWP めっき処理部 2 4 d 及び洗浄・乾燥処理部 2 4 e を有する蓋めっき処理部 2 4 が配置されている。更に、搬送経路 2 5 に沿って走行自在で、これらの間で基板の受渡しを行う搬送装置 2 6 が備えられている。

【 0 0 1 7 】

銅めっき処理部 1 2 は、図 2 に示すように、上方に開口し内部にめっき液 3 0 を保持する円筒状のめっき槽 3 2 と、基板 W を着脱自在に下向きに保持して該基板 W を前記めっき槽 3 2 の上端開口部を塞ぐ位置に配置する基板保持部 3 4 とを

有している。めっき槽 3 2 の内部には、めっき液 3 0 中に浸漬されてアノード電極となる平板状の陽極板 3 6 が水平に配置され、基板 W が陰極板となるようになっている。更に、めっき槽 3 2 の底部中央には、上方に向けためっき液の噴流を形成するめっき液噴射管 3 8 が接続され、めっき槽 3 2 の上部外側には、めっき液受け 4 0 が配置されている。

【 0 0 1 8 】

これにより、めっき槽 3 2 の上部に基板 W を基板保持部 3 4 で下向きに保持して配置し、陽極板（アノード） 3 6 と基板（カソード） W の間に所定の電圧を印加しつつ、めっき液 3 0 をめっき液噴射管 3 8 から上方に向けて噴出させて、基板 W の下面（被めっき面）に垂直にめっき液 3 0 の噴流を当てることで、陽極板 3 6 と基板 W の間にめっき電流を流して、基板 W の下面にめっき膜を形成するようにしている。

【 0 0 1 9 】

電解または化学研磨処理部 1 8, 2 0 は、図 3 に示すように、上方に開口し内部に研磨液（電解液または化学薬品） 5 0 を保持する円筒状の研磨槽 5 2 と、基板 W を静電チャック等の保持部 5 4 で着脱自在に下向きに保持して該基板 W を研磨槽 5 2 の上端開口部を塞ぐ位置に配置する基板保持部 5 6 とを有している。研磨槽 5 2 の内部には、研磨液 5 0 中に浸漬されてカソードとなる平板状の板体 5 8 が水平に配置され、基板 W がアノードとなるようになっている。更に、基板保持部 5 6 は、その中央部でモータ 6 0 に接続された駆動軸 6 2 の下端に連結されて基板 W と一体に回転し、板体 5 8 は、シリンダ等の往復駆動部 6 4 の往復ロッド 6 6 の先端に連結されて、この往復駆動部 6 4 の駆動に伴って水平方向に沿って往復動するよう構成されている。

【 0 0 2 0 】

これにより、基板 W を基板保持部 5 6 で下向きに保持して基板 W の下面（研磨面）を研磨液 5 0 に接触させた状態で、基板 W を基板保持部 5 6 と一体に回転させ、同時に板体 5 8 を往復運動させながら、板体（カソード） 5 8 と基板（アノード） W の間に所定の電圧を印加して板体 5 8 と基板 W の間にめっき電流を流すことで、基板 W に形成されためっき膜を電解研磨し、電流を止めることで化学研

磨するようにしている。

【 0 0 2 1 】

なお、電解または化学研磨処理部 1 8, 2 0 において、研磨液（化学薬品）に基板の表面を単に浸漬させることで、研磨液の腐食作用により基板の表面を化学研磨することができ、板体 5 8 と基板 W とを研磨液（電解液）に浸漬させ、これらの間に所定の電圧を印加することで基板の表面を電解研磨することができる。

【 0 0 2 2 】

図 4 は、電解または化学研磨処理部 1 8, 2 0 の他の例を示すもので、これは、板体 5 8 として基板 W より大径のものを使用するとともに、この板体 5 8 の中央をモータ 6 8 を備えた駆動軸 7 0 の上端に連結して、このモータ 6 8 の駆動に伴って板体 5 8 が回転するようにしたものである。

【 0 0 2 3 】

次に、図 5 及び図 6 を参照して配線形成処理について説明する。この例は、前記図 1 8 (b) に示す銅膜 6 を堆積させた基板 W の表面を、CMP 工程を経ることなく平坦化して銅配線を形成し、更に銅配線の表面を蓋めっきするようにした例を示す。

【 0 0 2 4 】

先ず、表面にシード層 7 を形成した基板 W (図 1 8 (a) 参照) をロード・アンロード部 1 1 から搬送装置 2 6 で一枚ずつ取り出し、銅めっき処理部 1 2 に搬入する（ステップ 1 ）。

【 0 0 2 5 】

次に、この銅めっき処理部 1 2 で、例えば電解銅めっき処理を行って、図 6 (a) に示すように、基板 W の表面に銅膜 6 を形成する（ステップ 2 ）。この時、大穴の存在に伴う銅膜の凹みの軽減を第一優先に考え、図 2 に示すめっき液 3 0 として、ボトムアップ性の優れたもの、例えば硫酸銅の濃度が高く、硫酸の濃度が低いボトムアップ性の優れた組成、例えば、硫酸銅 1 0 0 ~ 3 0 0 g / l、硫酸 1 0 ~ 1 0 0 g / l の組成を有し、ボトムアップ性を向上させる添加剤を含有したものを使用する。ここで、ボトムアップ性とは、穴中のボトムアップ成長に優れた性質を意味する。

【 0 0 2 6 】

そして、この銅めっき処理後の基板Wを洗浄・乾燥処理部 1 4 に搬送し洗浄して乾燥させ（ステップ 3）、しかる後、洗浄・乾燥後の基板Wをアニール処理部 1 6 に搬送する。そして、銅膜 6 を堆積させた状態で基板Wに熱処理を施して銅膜 6 をアニールし（ステップ 4）、しかる後、アニール後の基板Wを第 1 の電解または化学研磨処理部 1 8 に搬送する。

【 0 0 2 7 】

次に、この第 1 の電解または化学研磨処理部 1 8 で基板Wの表面（被めっき面）に第 1 段の電解または化学研磨処理を施して、基板Wの表面に形成された銅膜 6 の研磨除去する（ステップ 5）。この時、電解研磨にあっては、図 3 及び図 4 に示す研磨液（電解液）5 0 として、銅を溶解する無機酸及び／または有機酸のいずれか 1 種類以上と、増粘剤としての多価アルコール類、高分子多価アルコール類またはアルキレングリコールアルキルエーテル類のいずれか 1 種類以上を含むことで、粘性を増加させた研磨液を使用する。

【 0 0 2 8 】

このように、基板Wの表面に成膜した銅膜 6 の表面を、増粘剤を介して粘性を増加させた研磨液 5 0 を用いて電解研磨することで、基板表面の拡散層を増大させるとともに、分極電位をアップさせ、更に基板全面の液中導電性を抑制することができる。これにより、基板Wの全面に渡って銅の溶解を抑制し、微細な電流密度の変動に対して敏感に反応しないようにして、高い平坦性を得ることができる。すなわち、これら拡散層の増大、分極電位アップ及び導電性抑制は、研磨液の粘度の値に大きく左右され、研磨液の粘度を上げることで研磨の際の平坦性を向上させることができる。この研磨液 5 0 としては、粘度が 1 0 c P（0. 1 P a · s）以上で、導電率が 2 0 m S / c m 以下であるものを使用することが、十分な平坦性を得る上で好ましい。また、研磨液 5 0 の温度は、3 0℃以下であることが好ましく、2 5℃以下であること更に好ましい。

【 0 0 2 9 】

これにより、図 6（b）に示すように、バリア膜 5 上のシード層 7 と該シード層 7 の上の銅膜 6 を除去して、バリア膜 5 の表面を露出させ、このバリア膜 5 の

表面とコンタクトホール 3 及び配線用の溝 4 に充填した銅膜 6 の表面を平坦化させて電解研磨を完了する。同一処理部で電解研磨から化学研磨に切り換えることもある。

【 0 0 3 0 】

この銅の溶解する無機酸としては、例えばリン酸が、同じく有機酸としては、例えばクエン酸、シュウ酸またはグルコン酸が挙げられる。増粘剤としての多価アルコール類としては、例えば、エチレングリコール、プロピレングリコール、グリセリン等が、同じく高分子多価アルコール類としては、ポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコール等が、同じくアルキレングリコールアルキルエーテル類としては、エチレングリコールーエチルエーテル、エチレングリコールーメチルエーテル、エチレングリコーループロピルエーテル、エチレングリコールーフェニルエーテル、プロピレングリコールーエチルエーテル、プロピレングリコールーメチルエーテル、プロピレングリコールーフェニルエーテル、ジプロピレングリコールーモノメチルエーテル等が挙げられる。

【 0 0 3 1 】

この時、電解研磨の際に印加される電流波形パルスとして、パルス波形または P R パルス波形を使用することで、研磨液中に含まれる添加剤の拡散を改善することができる。

【 0 0 3 2 】

ここで、研磨液を使用して電解または化学研磨を行った時の実験結果例を図 7 ～図 9 に示す。ここで、図 7 は、研磨液の粘度及び導電率と研磨効果の関係を、図 8 は、液温と研磨効果の関係を、図 9 は、電流波形と研磨効果の関係をそれぞれ示す。これらの図において、a - 1 , a - 2 , c - 1 , c - 2 は、下記の表 1 の電荷条件を示している。

【 0 0 3 3 】

【表 1】

a - 1	DC	$5 \text{ A} / \text{dm}^2$
a - 2	DC	$10 \text{ A} / \text{dm}^2$
c - 1	パルス	$5 \text{ A} / \text{dm}^2 \times 10 \text{ mSec}$ OFF $\times 10 \text{ mSec}$
c - 2	パルス	$10 \text{ A} / \text{dm}^2 \times 10 \text{ mSec}$ OFF $\times 10 \text{ mSec}$

図 7 は、基本液にリン酸を使用し、増粘剤としてジプロピレングリコールモノメチルエーテルを添加し、水の混合で粘度を変えた研磨液を使用して研磨した時の結果を示す。この図 7 から、液の粘度の上昇と導電率の下降に伴って、研磨効果は上がり、粘度 20 ～ 60 c p、導電率 17 ～ 9 m S / c m の範囲で研磨効果指数がピークを示していることが判る。

【0034】

図 8 は、リン酸 100 m l、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル 150 m l、水 150 m l を混合した液組成を有し、温度を変えた研磨液を使用して研磨した時の結果を示す。この図 8 から、各電解条件によって研磨効果が変わり、液温が 30℃以下、特に 25℃以下で研磨効率が上昇することが判る。

【0035】

図 9 は、リン酸 100 m l、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル 150 m l、水 50 m l を混合した液組成を有する研磨液を使用し、パルス波形の変化させた時の結果を示し。ここで、10 / 10 S e c は、ON が 10 S e c、OFF が 10 S e c を示している。これにより、1 ～ 20 m S e c の ON / OFF パルス波形が望ましいことが判る。

【0036】

ここで、図 3 に示す電解または化学研磨処理部 18 にあっては、電解研磨処理中に基板 W を回転させ、同時に板体 58 を往復動させる。図 4 に示す電解または化学研磨処理部 18 にあっては、基板 W と板体 58 を共に同方向に回転させる。これによって、基板 W と板体 58 とを相対移動させ、しかも基板上の各ポイントにおける板体 58 との相対速度をより均一にして、基板 W と板体 58 との間の極間を流れる研磨液 50 の流れの状態をより均一に、すなわち研磨液 50 の流れに

特異点が生じなくすることで、基板Wの局所的な研磨が増幅されて平坦性が悪くなることを防止する。なお、このことは、次の電解または化学研磨処理部における化学研磨処理にあっても同様である。

【 0 0 3 7 】

次に、第1の電解または化学研磨処理部18で第1段の電解また化学研磨処理を施した基板を第2の電解または化学研磨処理部20に搬送し、ここで基板の表面に第2段の電解または化学研磨処理を施す（ステップ6）。この時、化学研磨処置にあっては、研磨液（化学薬品）として、前記電解または化学研磨処理（ステップ5）に使用した粘性を上げた研磨液に、銅の表面に吸着し、銅の溶解を化学的に抑制する添加剤、または銅と強固な錯体を形成するか、または銅表面に不動態化皮膜を生成させることを助長する基本液や添加剤を添加したものを使用する。

【 0 0 3 8 】

これにより、銅膜6の表面とTaN等の導電性物質からなるバリア膜5の表面を、この基本液や添加剤を添加した研磨液を用いて電解または化学研磨することで、銅膜6とバリア膜（TaN）5とを同じ研磨レートで均一に研磨することができる。これによって、図6（c）に示すように、酸化膜2上のバリア膜5を除去して酸化膜2の表面を露出させ、この酸化膜2の表面とコンタクトホール3及び配線用の溝4に充填した銅膜6の表面を平坦化させて第2段の第2の電解または化学研磨処理を完了する。

【 0 0 3 9 】

ここで、銅の溶解を電気化学的に抑制する添加剤としては、例えば、イミダゾール、ベンズイミダゾール、ベンゾトリアゾール、フェナセチン等が挙げられる。また、銅表面に不動態化皮膜を生成させることを助長する基本液としては、例えば、クロム酸が、銅と強固な錯体を形成させる添加剤としては、例えば、EDTAやキナルジン等が、銅と強固な錯体を形成させる基本液としては、例えばピロリン酸が挙げられる。

【 0 0 4 0 】

このようにして、酸化膜またはLow-K材膜2上の不要な銅膜6とバリア膜

5 を電解研磨処理及び／または化学研磨処理によって除去し、酸化膜 2 の表面とコンタクトホール 3 及び配線用の溝 4 に充填した銅膜 6 の表面を平坦化させることで、CMP 処理自体を省略することができる。

【 0 0 4 1 】

次に、第 2 段の電解または化学研磨処理後の基板 W を洗浄・乾燥処理部 2 2 に搬送し、ここで洗浄し乾燥させ（ステップ 7）、蓋めっき処理部 2 4 の前処理部 2 4 a に搬送し、ここで、基板に前処理を施す（ステップ 8）。そして、銅膜 6 の表面に P d 付着部 2 4 b で P d を付着させて銅膜 6 の露出表面を活性化させ（ステップ 9）、しかる後、めっき前処理部 2 4 c でめっき前処理を施す（ステップ 1 0）。次に、無電解 C o W P めっき処理部 2 4 d に搬送し、ここで、活性化した銅膜 6 の表面に C o W P による選択的な無電解めっきを施し、これによって、図 6（d）に示すように、銅膜 6 の露出表面を C o W P 膜 P で保護する（ステップ 1 1）。

【 0 0 4 2 】

次に、この蓋めっき処理後の基板 W を洗浄・乾燥処理部 2 4 e に搬送して洗浄・乾燥処理を行い（ステップ 1 2）、この洗浄・乾燥後の基板 W を搬送装置 2 6 でロード・アンロード部 1 1 のカセットに戻す（ステップ 1 3）。

なお、この例では、蓋めっき処理として、C o W P 無電解めっき処理を施す前に、P d を付着することによって活性化させた銅膜 6 の露出表面を C o W P 膜で選択的に被覆するようにした例を示しているが、これに限定されないことは勿論である。

【 0 0 4 3 】

ここで、図 1 0 に示すように、前記ステップ 5 における電解または化学研磨処理とステップ 6 における電解または化学研磨処理との間に、化学研磨処理または電解研磨処理（ステップ 5 - 1）を、ステップ 6 における電解または化学研磨処理とステップ 7 における洗浄・乾燥処理との間に、化学研磨処理または複合電解研磨処理（ステップ 6 - 1）を行うことが好ましい。

【 0 0 4 4 】

すなわち、基板 W の表面に電解研磨処理を施して、基板 W の表面に形成された

銅膜 6 を研磨除去すると（ステップ 5）、研磨条件等によっては、図 11（a）に示すように、バリア膜 5 の表面に銅 6 a が残ることがある。この状態で電解研磨処理を続けると穴や配線溝中の銅のみが研磨され、バリア膜上の銅が残ってしまう。

【0045】

そこで、このような場合に、例えば電源を切って板体 5 8 と基板 W との間に所定の電圧を印加することを止め、電解研磨処理（ステップ 6）に使用した研磨液を化学薬品とした化学研磨処理に切り換える（ステップ 6-1）。これによって、図 11（b）に示すように、バリア膜 5 の表面に残った銅 6 a を除去する。

【0046】

なお、この例にあっては、電解研磨処理（ステップ 6）と化学研磨処理（ステップ 6-1）を同じ研磨液を使用し同じ研磨槽内で行うようにしているが、別の研磨槽内に、例えば電流密度の高いエリアに多く吸着した添加剤のインヒビタ効果により、残った銅 6 a を優先的に除去する添加剤を添加した研磨液（化学薬品）による化学研磨処理または同様な研磨液（電解液）による電解研磨処理を行うようにしてもよい。この添加剤としては、例えばイミダゾール、ベンズイミダゾール、ベンゾトリアゾール、フェナセチン等が挙げられる。

【0047】

また、基板 W の表面にバリア膜 5 と銅膜 6 を同時に除去する化学研磨処理または電解研磨処理を施すと（ステップ 6）、研磨条件等によっては、図 11（c）に示すように、酸化膜または Low-K 材膜 2 の表面に TaN 等の導電性物質 5 a が残ることがある。これでは、CMP 処理工程自体を省略することができない。

【0048】

そこで、このような場合に、例えば、前記電解研磨処理（ステップ 5）に使用した電解液に添加した添加剤よりインヒビタ効果の強い添加剤を添加した研磨液で電解または化学研磨を施したり、または銅を不動態化させる基本液を使用したり、不動態化電解条件により、電解研磨処理を施すことで、図 6（c）に示すように、酸化膜または Low-K 材膜（絶縁膜）2 の表面とコンタクトホール 3 及

び配線用の溝 4 に充填した銅膜 6 の表面を平坦化させる。

【 0 0 4 9 】

なお、この電解または化学研磨処理の代わりに、銅膜 6 と T a N 等の導電性物質からなるバリア膜 5 の全面を不動態化させて全面を同時に複合電解研磨処理で研磨除去するようにしてもよく、また電解または化学研磨処理に引き続いて、このような複合電解研磨処理を行うようにしてもよい。

【 0 0 5 0 】

この複合電解研磨処理は、研磨液の中に研磨砥粒を加えることで、図 1 2 に示すように、この砥粒 G が基板 W の表面に残った銅や T a N 等の突起部 P を研磨除去し、同時に T a N 等の導電性物質からなるバリア膜 5 を電解及び化学研磨で優先的に研磨除去するようにしたもので、これにより、銅膜と T a N 等の導電性物質からなるバリア膜 5 を同時研磨することができる。例えば、研磨仕上げ面の面粗さを 1 0 0 Å 以下とするならば、砥粒粒度は # 5 0 0 0 以上が好ましい。

【 0 0 5 1 】

図 1 3 は、本発明の他の実施の形態の配線形成装置の平面配置図を示す。この配線形成装置は、ハウジング 1 0 の内部に位置して、ロード・アンロード部 1 1 と、このロード・アンロード部 1 1 の反対側から順に配置された銅めっき処理部 1 2、洗浄・乾燥処理部 1 4、第 1 の電解または化学研磨処理部 1 8、第 2 の電解または化学研磨処理部 2 0、洗浄・乾燥処理部 2 2 及びアニール処理部 1 6 とを有し、更に搬送経路 2 5 に沿って走行自在で、これらの間で基板の受渡しを行う搬送装置 2 6 が備えられている。銅めっき処理部 1 2、電解または化学研磨処理部 1 8、2 0 等の構成は、前述したものと同様である。

【 0 0 5 2 】

次に、図 1 4 を参照して配線形成処理について説明する。この例は、前記図 1 8 (b) に示す銅膜 6 を堆積させた基板 W の表面を、CMP 工程を経て平坦化して銅配線を形成するのであるが、この CMP 工程における負荷を低減するようにした例を示す。仕上げの平坦化は CMP 工程で行う。

【 0 0 5 3 】

先ず、表面にシード層 7 を形成した基板 W (図 1 8 (a) 参照) をロード・ア

ンロード部 1 1 から搬送装置 2 6 で一枚ずつ取り出し、銅めっき処理部 1 2 に搬入する（ステップ 1）。

【 0 0 5 4 】

次に、この銅めっき処理部 1 2 で、例えば電解銅めっき処理を行って、基板 W の表面に銅膜 6（図 1 8（b）参照）を形成する（ステップ 2）。そして、この銅めっき処理後の基板 W を洗浄・乾燥処理部 1 4 に搬送し洗浄して乾燥させ（ステップ 3）、しかる後、第 1 の電解または化学研磨処理部 1 8 に搬送する。

【 0 0 5 5 】

次に、この第 1 の電解または化学研磨処理部 1 8 で基板 W の表面（被めっき面）に第 1 段の電解または化学研磨処理を施して、基板 W の表面に形成された銅膜 6 の研磨除去する（ステップ 4）。この時、電解研磨にあっては、図 3 及び図 4 に示す研磨液（電解液）5 0 として、前述と同様に、銅を溶解する無機酸及び／または有機酸のいずれか 1 種類以上と、増粘剤としての多価アルコール類、高分子多価アルコール類またはアルキレングリコールアルキルエーテル類のいずれか 1 種類以上を含むことで、粘性を増加させた研磨液を使用し、これによって、基板表面の拡散層を増大させるとともに、分極電位をアップさせ、更に基板全面の液中導電性を抑制して、高い平坦性を得る。

【 0 0 5 6 】

次に、第 1 段の電解研磨処理後の基板を第 2 の電解または化学研磨処理部 2 0 に搬送し、ここで基板の表面に第 2 段の電解または化学研磨処理を施す（ステップ 5）。この時、化学研磨にあっては、研磨液（化学薬品）として、前述と同様に、前記電解研磨処理に使用した粘性を上げた研磨液に、銅の表面に吸着し、銅の溶解を化学的に抑制する添加剤、または銅と強固な錯体を形成するか、または銅表面に不動態化皮膜を生成させることを助長する基本材または添加剤を添加したものを使用し、これによって、銅膜 6（図 1 8（b）参照）の平坦度を更に向上させる。ここで、化学研磨処理を省略しても良い。

【 0 0 5 7 】

なお、この化学研磨処理の代わりに、同様な添加剤を添加した研磨液を使用した電解研磨処理を行ってよく、また電解研磨電源を切って、電解研磨処理（ステ

ップ4) に使用した研磨液を使用した化学研磨処理を行うようにしてもよいことは、前述と同様である。そして、銅膜6の膜厚がアニールに必要な最低膜厚、例えば300nmに達した時に、化学研磨を完了し、洗浄・乾燥処理部22に搬送する。

【0058】

この洗浄・乾燥処理部22で基板を洗浄し乾燥させ(ステップ6)、洗浄・乾燥後の基板Wをアニール処理部16に搬送する。そして、銅膜6を堆積させた状態で基板Wに熱処理を施して銅膜6をアニールし(ステップ7)、しかる後、アニール後の基板Wを搬送装置26でロード・アンロード部11のカセットに戻す(ステップ8)。

【0059】

そして、別の装置で基板Wの表面にCMP処理を施し(ステップ9)、これによって、コンタクトホール3及び配線用の溝4に充填させた銅膜6の表面と酸化膜2の表面とをほぼ同一平面にして、銅膜6からなる配線を形成し(図18(c)参照)、必要に応じて、前述と同様な蓋めっき処理を施す(ステップ10)。

【0060】

この例によれば、例えば基板の表面に微細穴と大穴が混在するように場合であっても、電解研磨処理1段、または電解研磨処理と化学研磨処理または電解研磨処理の少なくとも2段の研磨処理を行うことで、銅膜の平坦性を向上させ、これによって、その後のCMP加工をディッシングの発生を防止しつつ短時間で行うことができる。

【0061】

なお、電解研磨により、基板の被めっき面を平坦化させるには、基板を限りなく平らに保持するとともに、板体(カソード)を限りなく平らに加工して、両者を限りなく近接させた状態で相對運動を行わせ、同時に基板面内に研磨液の流れと電場の特異点を生じさせないことが重要である。

【0062】

図15及び図16は、この要請に応えた電解または化学研磨処理部18, 20の更に他の例を示す。これは、上方に開口して内部に研磨液50を保持する円筒

状の研磨槽 5 2 と、基板 W を着脱自在に下向きに保持して該基板 W を前記研磨槽 5 2 の上端開口部を塞ぐ位置に配置する基板保持部 5 6 とを有している。

【 0 0 6 3 】

研磨槽 5 2 は、略円板状の底板部 7 2 と、この底板部 7 2 の外周端部に固着した円筒状の溢流堰部 7 4 と、この溢流堰部 7 4 の外周を囲繞して該溢流堰部 7 4 との間に研磨液排出部 7 6 を形成する外殻部 7 8 とを有しており、この研磨槽 5 2 の底板部 7 2 の上面に、研磨液 5 0 中に浸漬されてカソードとなる平板状の板体（陰極板） 5 8 が水平に配置されている。

【 0 0 6 4 】

研磨槽 5 2 の底板部 7 2 の下面中央には、円筒状のボス部 7 2 a が一体に接続され、このボス部 7 2 a は、軸受 8 0 を介して回転軸 8 2 の上端のクランク部 8 2 a に回転自在に接続されている。つまり、このクランク部 8 2 a の軸心 O_1 は、回転軸 8 2 の軸心 O_2 から偏心量 e だけ偏心した位置に位置し、このクランク部 8 2 a の軸心 O_1 とボス部 7 2 a の軸心が一致するようになっている。また、回転軸 8 2 は、軸受 8 5 a, 8 5 b を介して外殻部 7 8 に回転自在に支承され、更に、図示していないが、底板部 7 2 と外殻部 7 8 との間に、底板部 7 2 の自転を防止する自転防止機構が備えられている。

【 0 0 6 5 】

これによって、回転軸 8 2 の回転に伴って、クランク部 8 2 a が偏心量 e を半径とした公転運動を行い、このクランク部 8 2 a の公転運動に伴って、底板部 7 2 も板体 5 8 と一体に偏心量 e を半径としたスクロール運動（並進回転運動）、即ち、自転運動を阻止された偏心量 e を半径とした公転運動を行うようになっている。

【 0 0 6 6 】

ここで、図 1 6 に示すように、板体 5 8 の直径 d_3 は、直径 d_4 の基板 W がスクロール運動を行っても、この板体 5 8 の表面から基板 W が食み出すことがない大きさに設定され、また下記の研磨液供給孔 5 8 b を内包する研磨液噴射領域の直径 d_5 は、直径 d_4 の基板 W がスクロール運動を行っても、この基板 W から研磨液噴射領域が食み出すことがない大きさにそれぞれ設定されている。

【 0 0 6 7 】

底板部 7 2 の内部には、循環槽 8 4 から延び、途中で圧送ポンプ 8 6 を有する研磨液供給配管 8 8 に連通する研磨液室 7 2 b と、この研磨液室 7 2 b から上方に貫通して延びる複数の研磨液吐出孔 7 2 c が設けられている。循環槽 8 4 は、戻り配管 9 0 を介して研磨槽 5 2 の研磨液排出部 7 6 に連通している。

【 0 0 6 8 】

一方、板体 5 8 は、例えば銅めっき膜を電解研磨する時に使用する場合には、表面の酸化膜の影響で銅との密着力が悪い材料、例えばチタンで構成されている。これにより、例えば銅めっき膜に電解研磨を施すと、溶解した銅イオンは板体（カソード）5 8 側に析出するが、板体 5 8 をチタンのような表面の酸化膜の影響で銅との密着力が悪い材料で構成することで、銅イオンを析出すると同時に銅粒子として研磨液中に浮遊させ、しかも、水素ガスの発生を防止して、平坦度に優れた研磨を行うことができる。

【 0 0 6 9 】

更に、板体 5 8 の表面には、面内を縦及び横方向に全長に亘って直線状に延びる格子状に溝 5 8 a が設けられ、内部の各研磨液吐出孔 7 2 c に対応する位置には、この溝 5 8 a の内部に開口する複数の研磨液供給孔 5 8 b が設けられている。

【 0 0 7 0 】

これによって、電解研磨の際に、研磨液を板体 5 8 の表面に設けた溝 5 8 a から板体 5 8 と基板 W との間の極間に供給し、この研磨液中に浮遊する粒子を遠心力の作用で溝 5 8 a の中を通過させて外方にスムーズに流出させることで、極間部には常に新たな研磨液が存在するようにすることができる。しかも、銅めっき膜を電解研磨する時に、板体 5 8 として、チタンのような表面の酸化膜の影響で銅との密着力が悪い材料を選択することで、溶解して板体側に析出する銅イオンを、析出すると同時に銅粒子として研磨液中に浮遊させ、この研磨液を溝 5 8 a を通過させてスムーズに外部に流出させることで、板体 5 8 の表面の平坦度が経時的に劣化することを防止して、板体 5 8 の平坦度を確保することができる。

【 0 0 7 1 】

なお、この溝58aの形状は、板体58の中央部と外周部とで電流密度に差が生じてしまうことを防止するとともに、研磨液が溝58aに沿ってスムーズに流れるようにするため、基板Wがスクロール運動を行う場合には、格子状であることが好ましく、また基板Wが往復動を行う場合には、この移動方向に沿った平行であることが好ましい。

【0072】

基板保持部56は、下方に開口したハウジング92の内部に、昇降ロッド94を介して昇降自在で、かつモータ60を介してハウジング92と一体に回転するように収容されており、この基板保持部56の内部には、真空源に連通する真空室56aと、該真空室56aから下方に貫通する多数の真空吸着穴56bが設けられている。これによって、基板保持部56は、真空吸着方式で基板Wを保持するようになっている。

【0073】

基板Wには、通常小さなうねりが有り、基板の保持の仕方によっては更に変形し、この変形した状態で電界研磨による平坦化処理をしても、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の平坦化は不可能となるが、このように、真空吸着方式を採用して、基板Wをその全面に亘って吸着保持することで、基板に存在するうねりを吸収して、基板をより平坦に保持し、これによって、電界研磨による平坦化処理によって、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の平坦化が可能となる。

なお、この真空吸着方式の代わりに、静電チャック方式を採用して基板を保持するようにしても良い。

【0074】

ここで、基板Wを基板保持部56で吸着保持して、基板Wを研磨処理を行う処理位置まで下降させた時、この基板Wの下面と板体58の上面との極間距離Sが、機構的に可能な限り小さく、好ましくは、 1.0mm 以下、更に好ましくは、 0.5mm 以下となるようになっている。このように、極間距離Sを、機構的に可能な限り小さく、好ましくは、 1.0mm 以下、更に好ましくは、 0.5mm 以下とすることで、基板Wの表面の研磨されるべき凸部への電流の集中を促進し、しかも、基板Wと板体58との間に面に垂直な電界を形成して、基板Wの表面

（被めっき面）全面にわたって均一な平坦性を得ることができる。

【 0 0 7 5 】

ハウジング 9 2 には、基板保持部 5 6 で基板 W を吸着保持した時、この基板 W のベベル部または周縁部と接触して、基板 W を陽極（アノード）にする電気接点 9 6 が設けられ、更に基板保持部 5 6 の下面には、基板 W を保持した時に該基板 W の上面と圧接してここをシールするパッキン 9 8 が設けられている。

【 0 0 7 6 】

次に、電解または化学研磨処理部 1 8 , 2 0 で電解研磨処理を行う時の動作について説明する。

先ず、研磨槽 5 2 内に研磨液 5 0 を供給し、この研磨液 5 0 を溢流堰部 7 4 からオーバーフローさせた状態で、底板部 7 2 を板体 5 8 と共にスクロール運動させる。この状態で、前述のようにして、銅めっき等のめっき処理を施した基板 W を下向きで吸着保持した基板保持部 5 6 を基板 W を回転させつつ、電解研磨処理を行う処理位置まで下降させる。

【 0 0 7 7 】

これにより、基板 W 上の各ポイントにおける板体 5 8 との相対速度をより均一にして、基板 W と板体 5 8 との間の極間を流れる研磨液 5 0 の流れの状態をより均一に、すなわち研磨液の流れに特異点が生じないようにする。

【 0 0 7 8 】

この状態で、例えば図 1 7 に示すように、印加時間 t_1 が、 $1 \text{ m S e c} \sim 20 \text{ m S e c}$ 、好ましくは 10 m S e c で、印加電流密度が $2 \sim 20 \text{ A} / \text{d m}^2$ のパルス電流を、例えば印加時間と同じ停止時間 t_2 をおいて、複数回に亘って印加する。すると、研磨電源投入時は、酸化溶出はまず基板上の凸部より起こり、平坦部へ降りてくる。従って、投入後、瞬時に電源を OFF にし、これを繰り返せば凸部のみの選択研磨が可能となる。

【 0 0 7 9 】

この時、板体 5 8 の表面に設けた溝 5 8 a から板体 5 8 と基板 W との間の極間に研磨液を供給し、この研磨液中に浮遊する粒子を遠心力の作用で溝 5 8 a の中を通過させて外方にスムーズに流出させることで、極間部には常に新たな研磨液

が存在するようにする。しかも、銅めっきを電解研磨する時に、板体 5 8 として、チタンのような表面の酸化膜の影響で銅との密着力が悪い材料を選択することで、溶解して板体側に析出する銅イオンを析出すると同時に銅粒子として研磨液中に浮遊させ、この研磨液を溝 5 8 a を通過させてスムーズに外部に流出させることで、板体 5 8 の表面の平坦度が経時的に劣化することを防止して、板体 5 8 の平坦度を確保することができる。これにより、極間距離 S が変化せず、しかも水素ガスが発生することはないので、平坦性に優れた研磨が可能となる。

【 0 0 8 0 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、銅めっき処理後の平坦化プロセスを主に電解または化学研磨で行うことで、CMP 処理自体を省略するか、または CMP 処理の負荷を低減し、しかも、最後の仕上げのみを CMP 処理に依存する場合を除き、アニールを含めた一連の平坦化プロセスを同一ハウジング内で連続的に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態の配線形成装置の平面配置図である。

【図 2】

図 1 に使用されている銅めっき処理部の概要図である。

【図 3】

図 1 に使用されている電解または化学研磨処理部の概要図である。

【図 4】

電解または化学研磨処理部の他の例を示す概要図である。

【図 5】

図 1 に示す配線形成装置における処理工程の流れを示す図である。

【図 6】

図 5 に示す処理工程によって銅配線を形成する時の状態を工程順に示す断面図である。

【図 7】

研磨液を使用して電解または化学研磨を行った時の研磨液の粘度及び導電率と研磨効果の関係を示すグラフである。

【図 8】

同じく、液温と研磨効果の関係を示すグラフである。

【図 9】

同じく、電流波形と研磨効果の関係を示すグラフである。

【図 1 0】

図 2 に示す処理工程に付加される処理工程の流れを示す図である。

【図 1 1】

図 1 0 によって銅配線を形成する時の状態を工程順に示す断面図である。

【図 1 2】

複合電解研磨処理の説明に付する図である。

【図 1 3】

本発明の他の実施の形態の配線形成装置の平面配置図である。

【図 1 4】

図 1 3 に示す配線形成装置における処理工程の流れを示す図である。

【図 1 5】

電解または化学研磨処理部の更に他の例を断面図である。

【図 1 6】

図 1 5 の電解または化学研磨処理部に使用されている板体の平面図である。

【図 1 7】

図 1 5 に示す電解または化学研磨処理部に印加する電流パルスの例を示す図である。

【図 1 8】

銅めっき処理によって銅配線を形成する例を工程順に示す断面図である。

【図 1 9】

従来の基板に銅めっき処理を施した時の問題点の説明に付する断面図である。

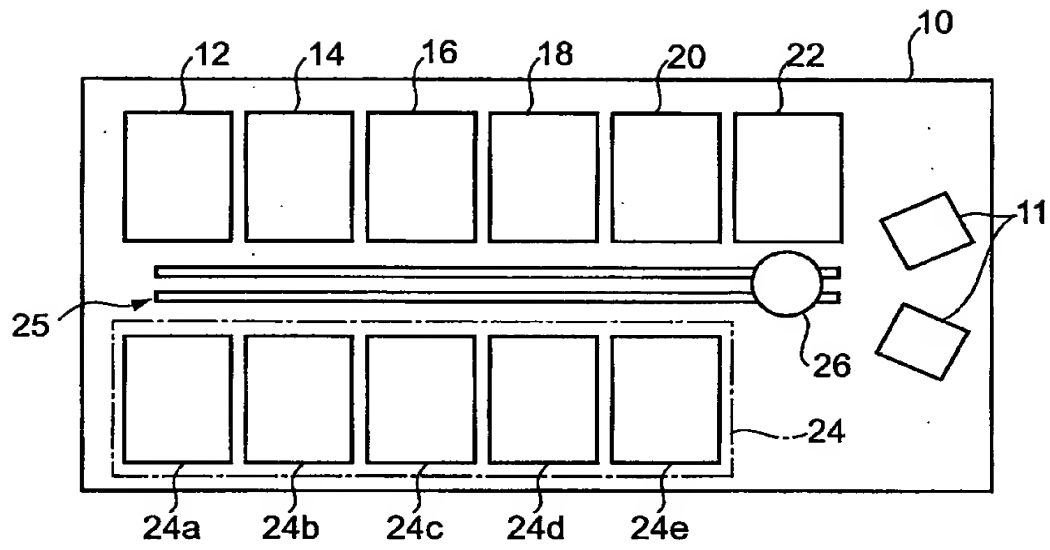
【符号の説明】

2 酸化膜

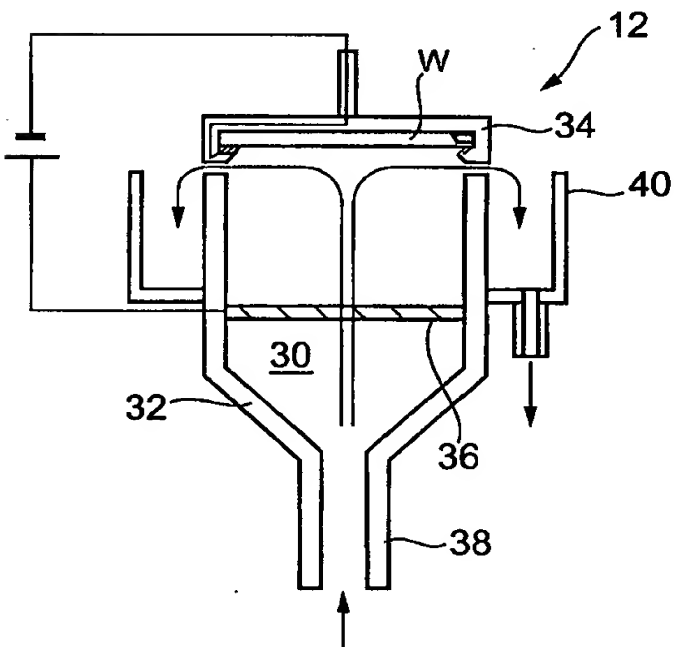
- 3 コンタクトホール
- 4 溝
- 5 バリア膜
- 5 a 導電性物質
- 6 銅膜
- 6 a 銅
- 7 シード層
- 10 ハウジング
- 11 ロード・アンロード部
- 12 銅めっき処理部
- 14, 22 洗浄・乾燥処理部
- 16 アニール処理部
- 18, 20 電解または化学研磨処理部
- 24 蓋めっき処理部
- 25 搬送経路
- 26 搬送装置
- 30 めっき液
- 32 めっき槽
- 50 研磨液
- 52 研磨槽

【書類名】 図面

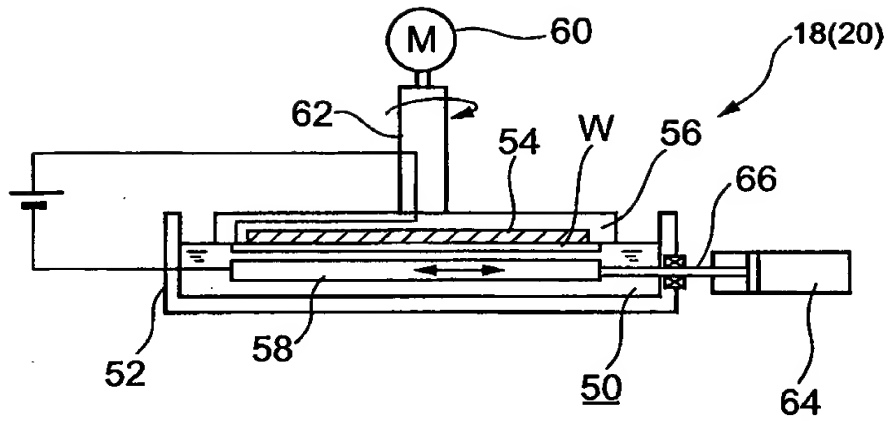
【図 1】



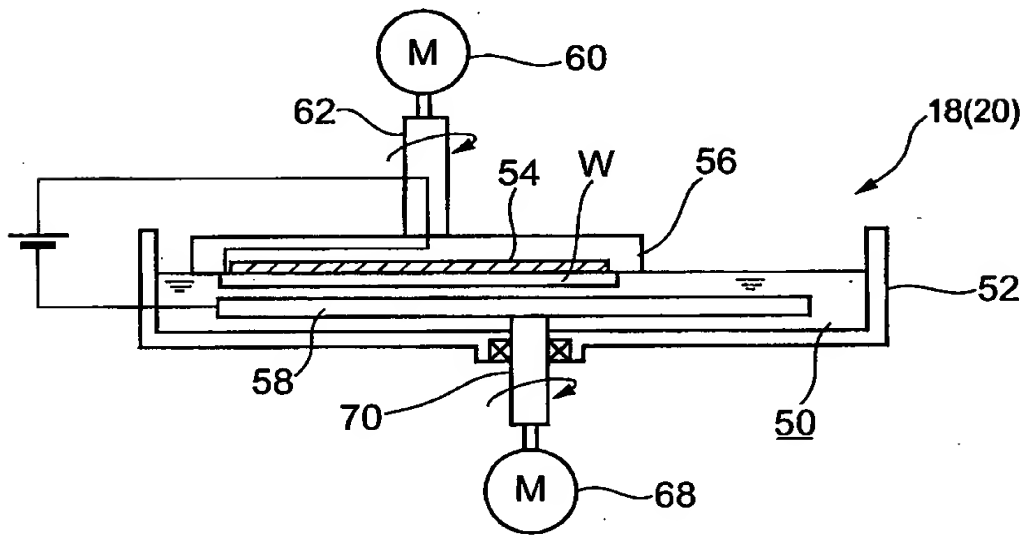
【図 2】



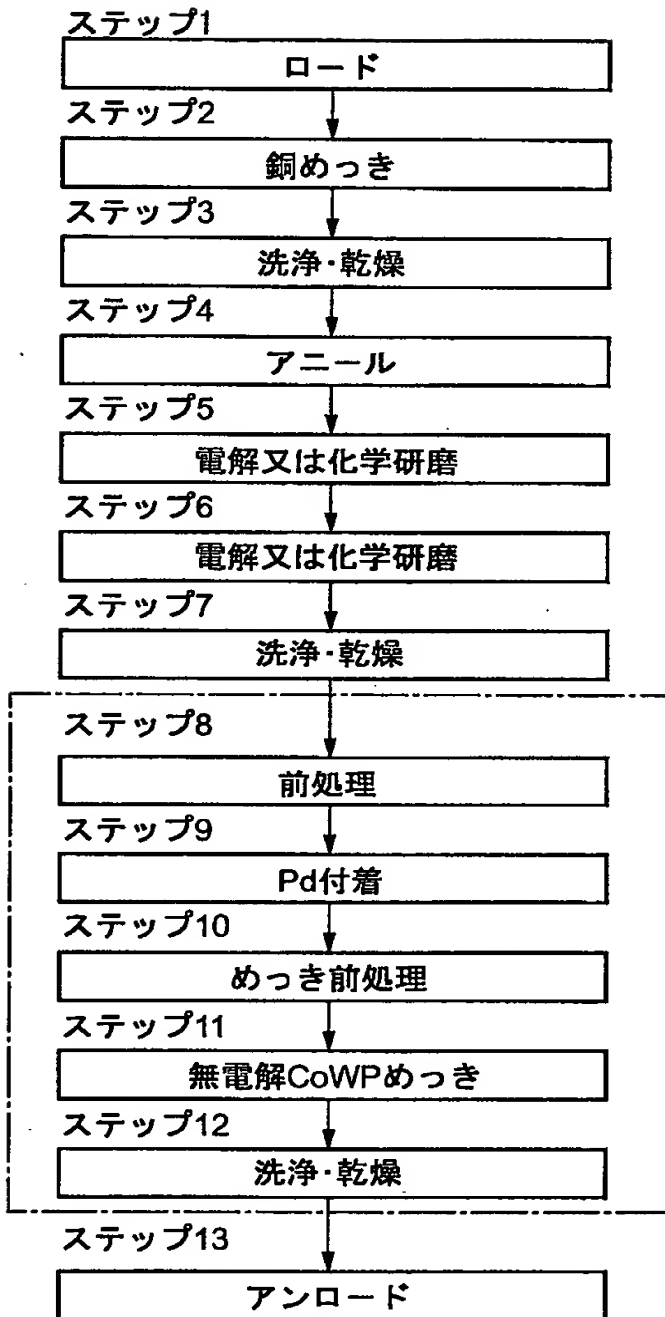
【図 3】



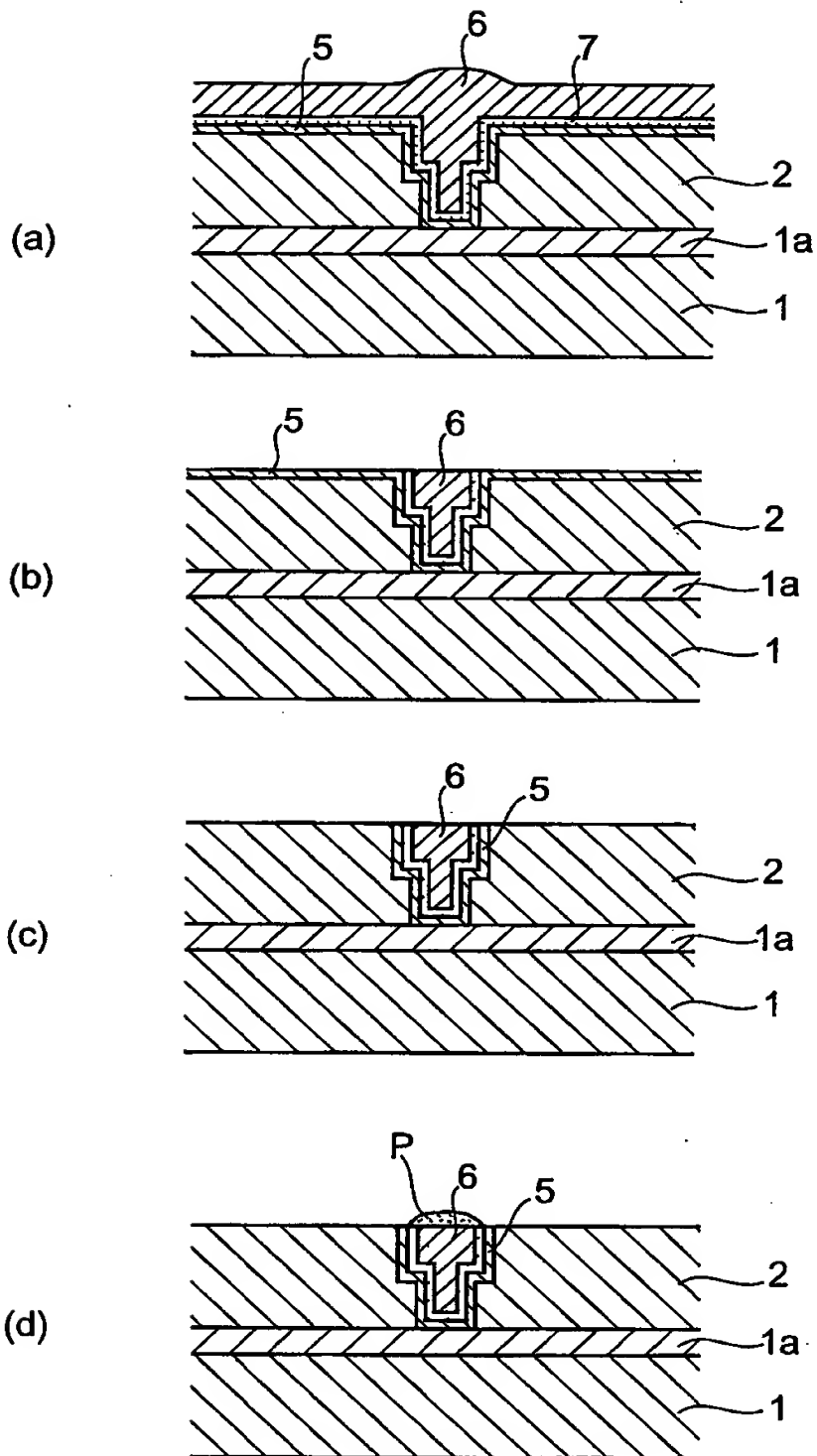
【図 4】



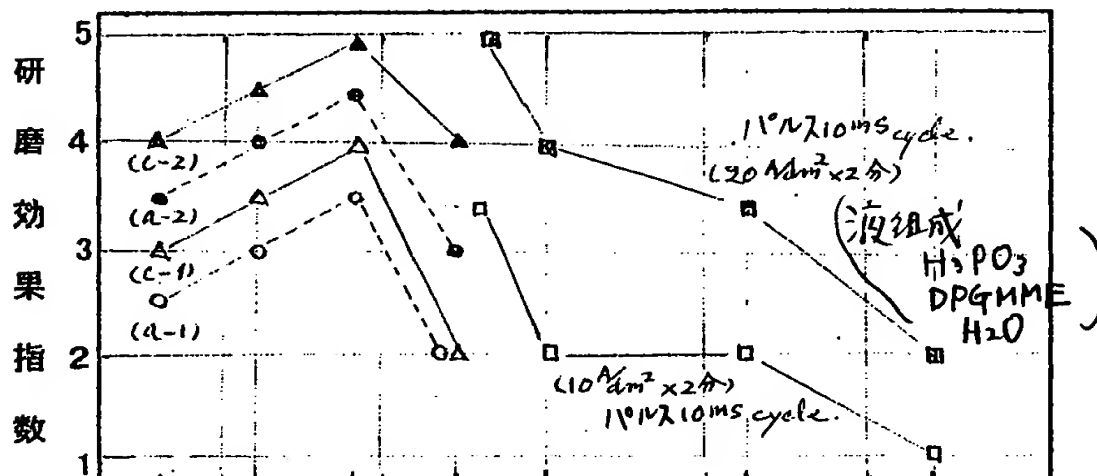
【図5】



【図 6】

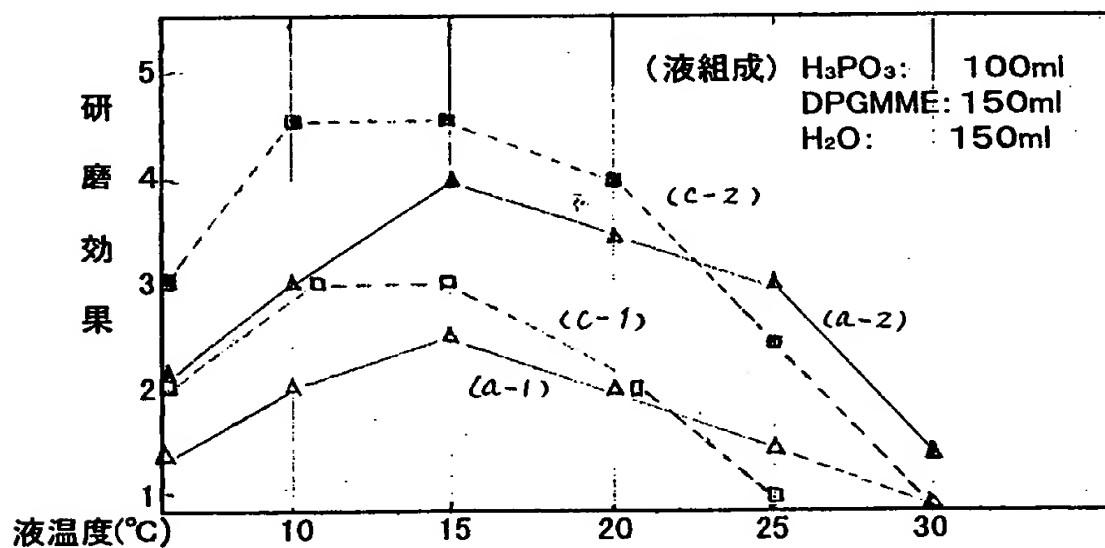


【図7】

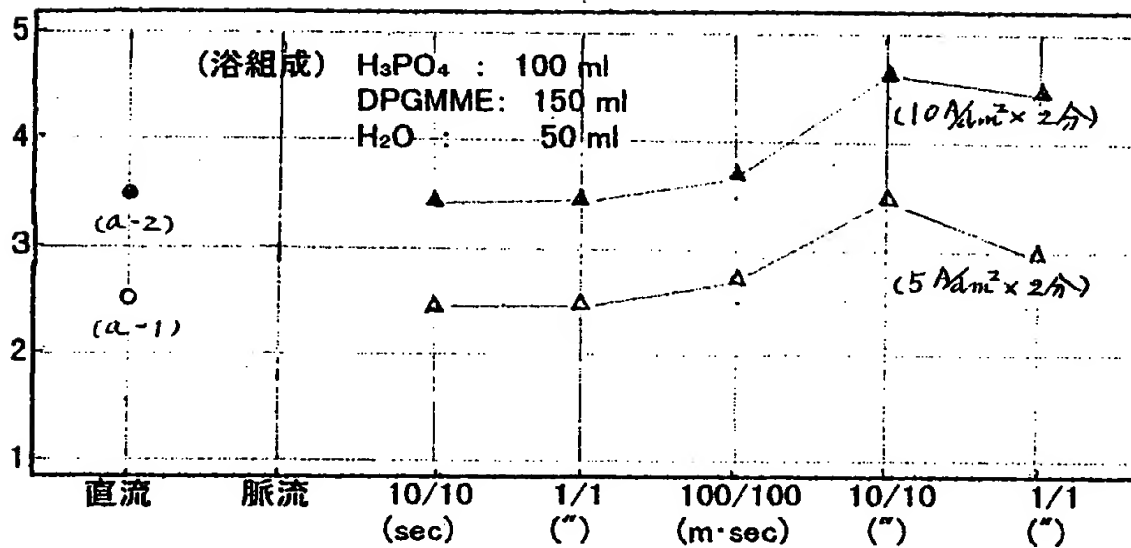


液粘性 (c·st)	80	56	44	33	22	12	6
導電率(mS/cm)	8	10	11	13	16	18	20

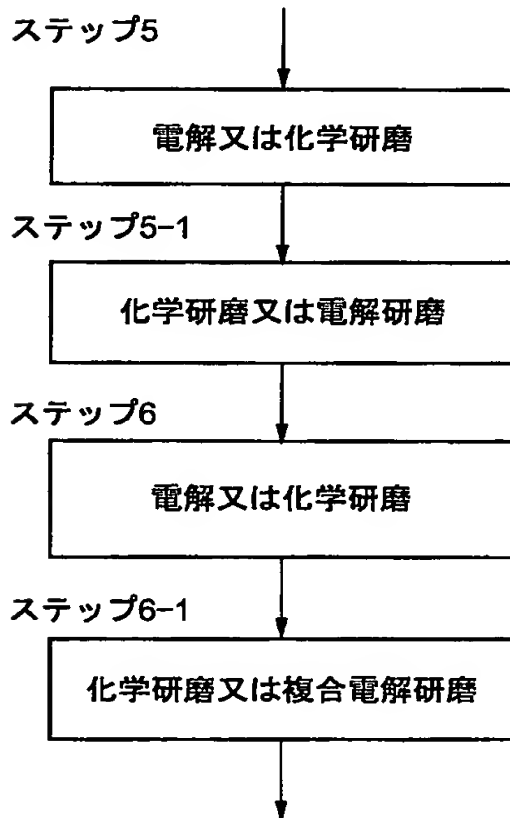
【図8】



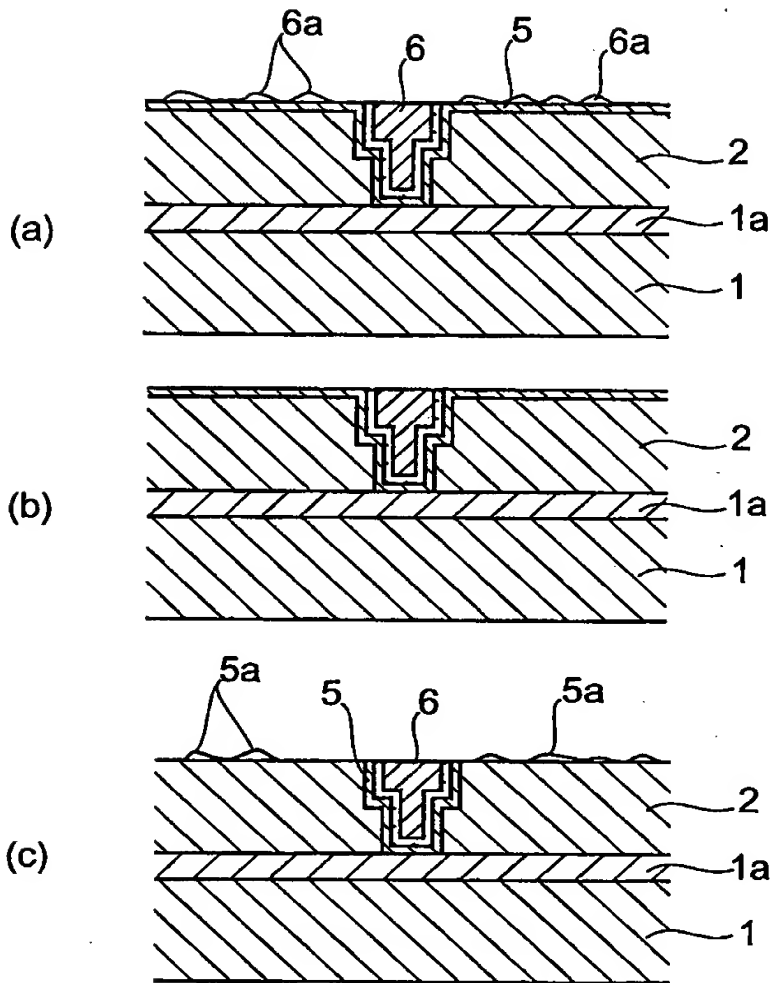
【図 9】



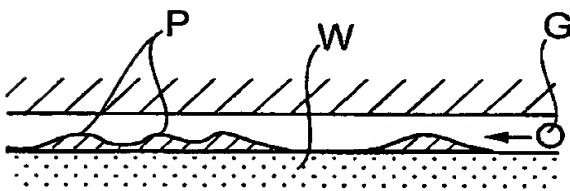
【図 10】



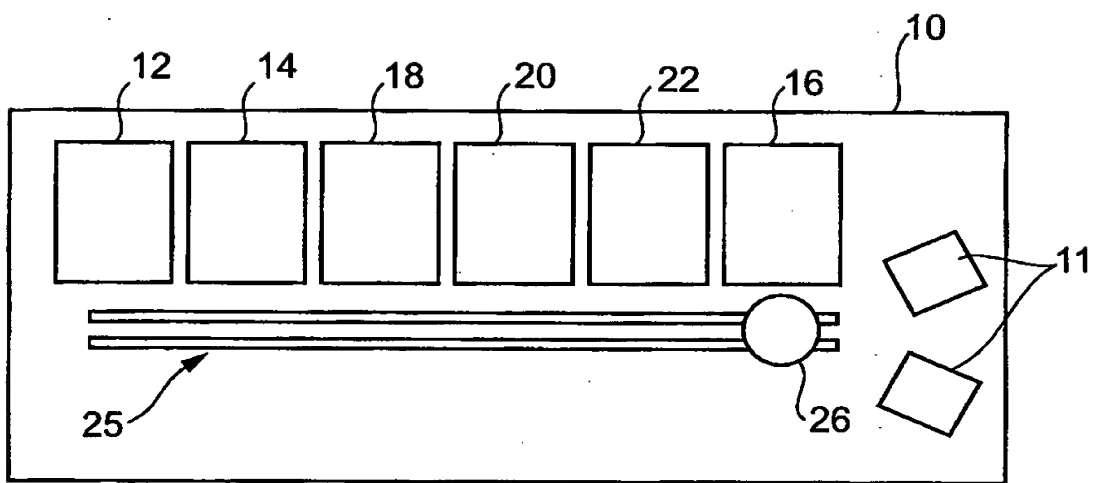
【図 1 1】



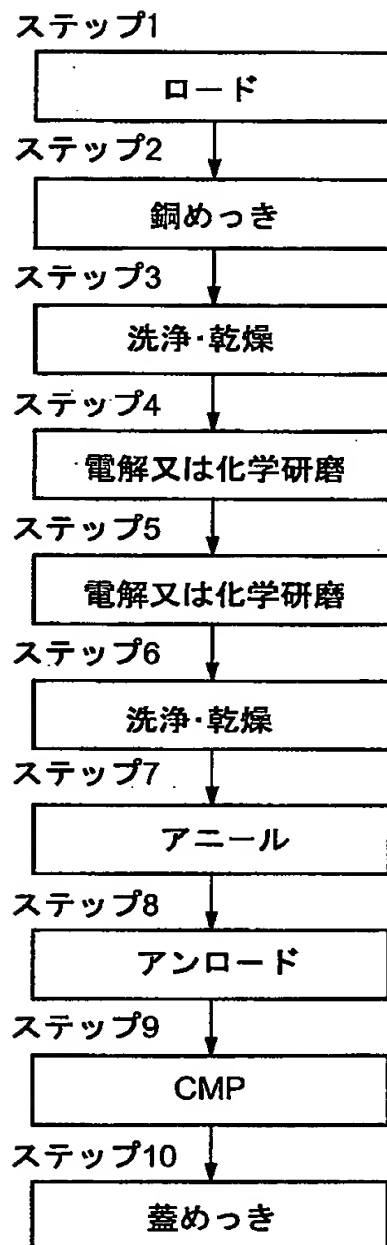
【図 1 2】



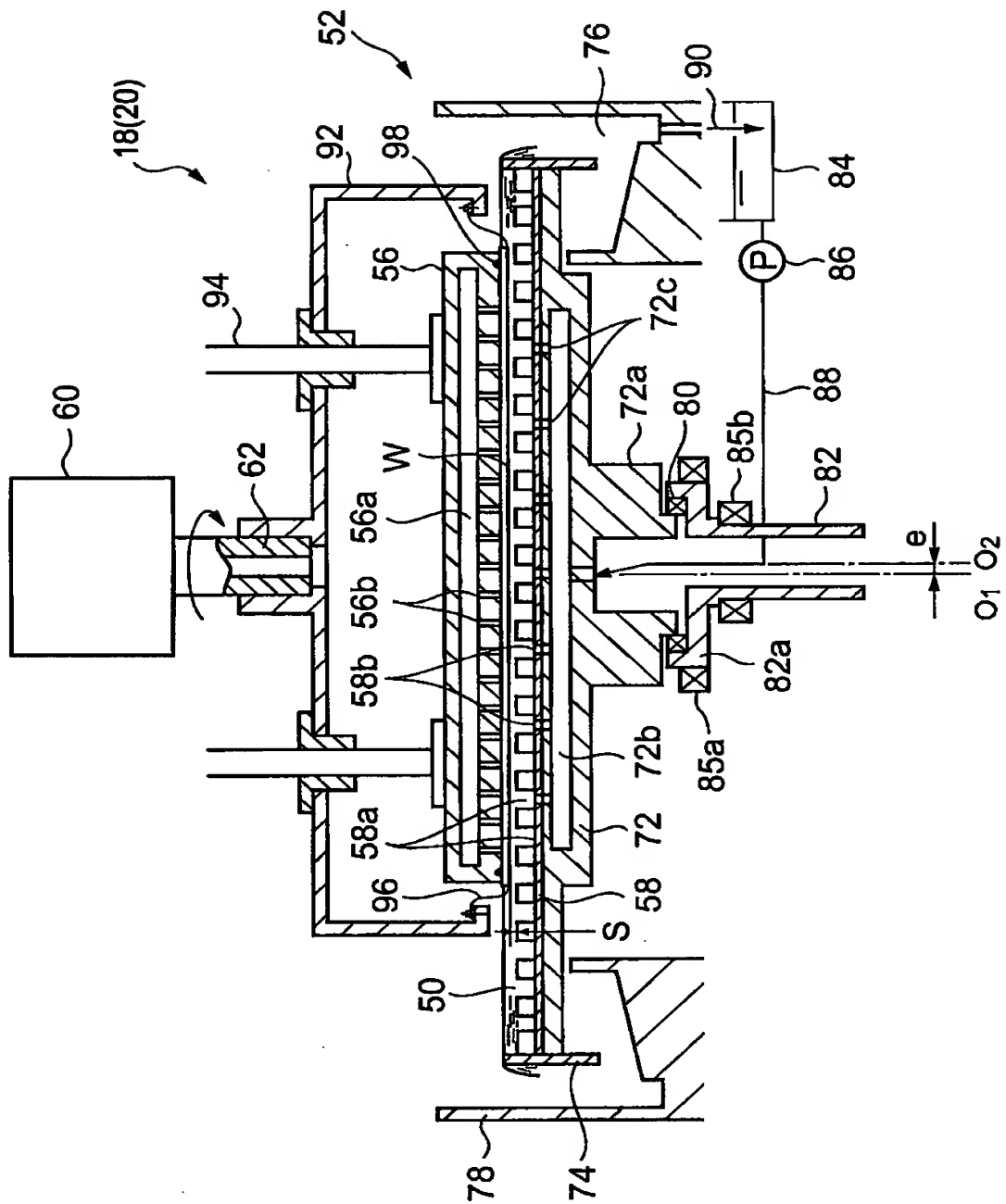
【図13】



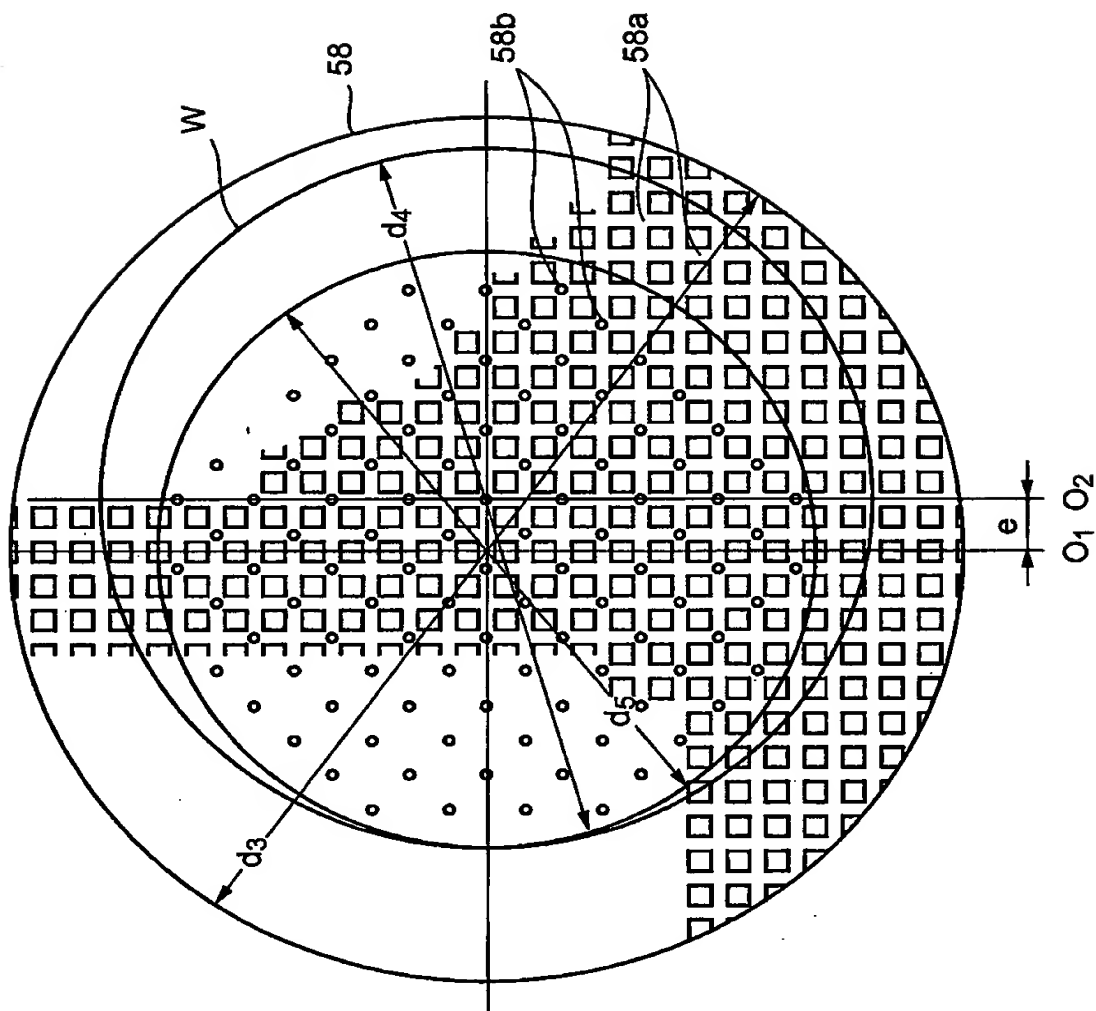
【図14】



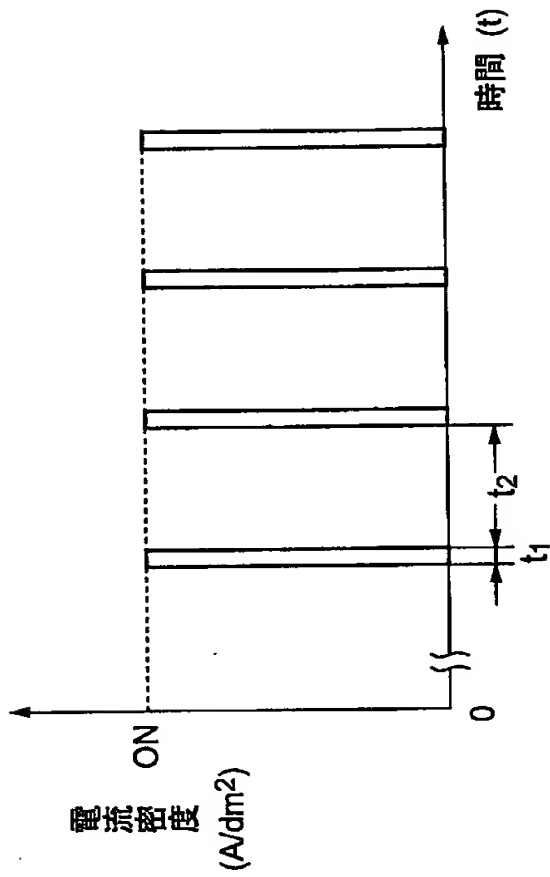
【図 15】



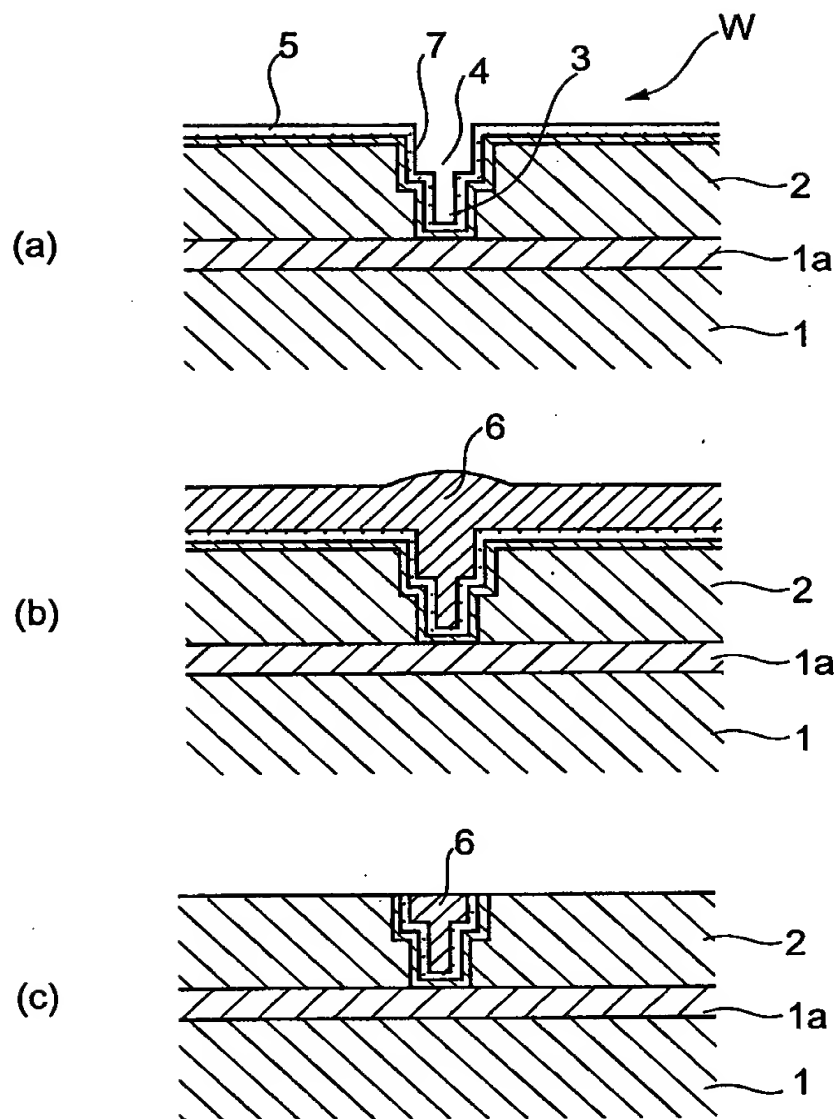
【図16】



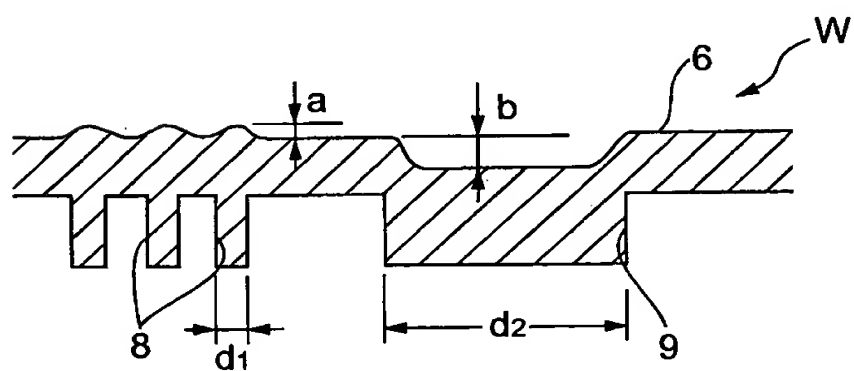
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 CMP 処理そのものを省略したり、CMP 処理の負荷を極力低減しつつ、銅を埋込んで銅配線を形成する一連の銅配線形成工程を連続的に行えるようにした配線形成装置及び方法を提供する。

【解決手段】 基板の表面に銅を成膜して該銅を微細窪み内に埋込んだ銅配線を形成する配線形成装置であって、ハウジング 1 0 の内部に、基板を搬送する搬送経路 2 5 を設け、この搬送経路 2 5 に沿って、銅めっき処理部 1 2、電解または化学研磨処理部 1 8、2 0 及びアニール処理部 1 6 を配置した

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号
氏 名 株式会社荏原製作所